



TITLE:

# Muon Antineutrino Disappearance Measurement by the T2K Experiment( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Hiraki, Takahiro

---

CITATION:

Hiraki, Takahiro. Muon Antineutrino Disappearance Measurement by the T2K Experiment. 京都大学, 2016, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19500>

RIGHT:

許諾条件により要旨は2016-03-31に公開

( 続紙 1 )

京都大学	博 士 ( 理 学 )	氏名	平木 貴宏
論文題目	Muon Antineutrino Disappearance Measurement by the T2K Experiment (T2K 実験におけるミューオン型反ニュートリノ消失の測定)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>This thesis reports the measurement of the muon antineutrino disappearance in the T2K experiment.</p> <p>The T2K (Tokai to Kamioka) experiment is an accelerator-based long-baseline neutrino oscillation experiment. The muon neutrino beam is produced at the J-PARC accelerator and is detected by the near detector complex and by the far detector, Super-Kamiokande, which is 295 km away from J-PARC. The muon monitor and the on-axis near detector monitor the beam profile and confirm that the neutrino beam direction has been well-controlled. The far detector and one of the near detectors are placed in the off-axis direction to the neutrino beam center, where the neutrino beam has a narrow energy peak of 0.6 GeV and the muon neutrino oscillation probability is expected to be maximum.</p> <p>In 2014, T2K took the first antineutrino beam data. The author studied the muon beam profile and its dependence on the beamline condition in the antineutrino beam mode by using the muon monitor. The long-term stability of the detectors in the muon monitor under high radiation environment had been carefully monitored and are reported in the thesis.</p> <p>Neutrinos are generated as decay-products of the hadrons, which are produced by the interaction of the accelerated proton beam and the carbon target. The neutrino fluxes and their uncertainties at the near and far detector in the antineutrino mode as well as in the neutrino mode are predicted by the Monte Carlo simulation with data from external hadron production experiments. The author improved the neutrino flux prediction. The uncertainties of the neutrino flux parameters and some types of the neutrino-nucleus interactions at the far detector are reduced by the measurement at the off-axis near detector. By using the improved neutrino event prediction, the author performed the first muon antineutrino disappearance analysis in the T2K experiment. If the result is different from those obtained with muon neutrino, it would indicate the violation of the CPT symmetry or existence of unknown neutrino-matter interaction. Using a dataset corresponding to <math>4.01 \times 10^{20}</math> protons-on-target which were accumulated between 2014 and 2015, T2K observed 34 fully contained mu-like events, while the expected number of events in case of the maximal disappearance is 34.6. The disappearance of muon antineutrino was clearly observed. The best-fit antineutrino oscillation parameters are <math>\sin^2\theta_{23} = 0.45</math> and <math>\Delta m_{32}^2 = 2.51 \times 10^{-3} \text{ eV}^2</math>. The 68.3% confidence interval of <math>\sin^2\theta_{23}</math> is 0.38 to 0.64 and that of <math>\Delta m_{32}^2</math> is <math>2.26 \sim 2.80 (\times 10^{-3}) \text{ eV}^2</math>, having achieved world-leading precision. These results are in agreement with those measured for neutrino by T2K and demonstrate that the standard neutrino oscillation framework is valid.</p>			

(論文審査の結果の要旨)

申請者は加速器からのニュートリノビームを用いた長基線ニュートリノ振動実験に参加し、反ミューオン・ニュートリノによるニュートリノ振動消失の測定をおこなった。この測定は、ミューオン・ニュートリノによる測定と比べることで素粒子物理学の標準理論を超える物理を発見する可能性を持つものである。本研究の結果は、ミューオン・ニュートリノと反ミューオン・ニュートリノが同じように消失するというもので、標準的なニュートリノ振動理論の予想するものと測定精度の範囲で一致するというものであった。世界最高水準での測定であり、学術的意義は高い。

素粒子物理学実験に用いられる検出器は、すべて専用に研究者によって開発されるもので、建設だけでなく、その運転や改良にも研究者としての深い知識と経験が要求される。申請者は本研究の実験の遂行において、ニュートリノビームの方向や強度をモニターするミューオン・モニターを責任者として運転し、また改良を行った。反ミューオンニュートリノビームでのニュートリノ振動の測定は、実験グループとしては初めてのものであり、論文の2章、3章にまとめられている申請者によるミューオン・モニターを用いた反ニュートリノビームの性質の測定は、本研究のデータ取得を遂行する上で欠くことのできない寄与である。

解析においては、シミュレーションによるニュートリノフラックスの予測の系統誤差の低減に寄与した。特に、系統誤差の主要因の一つであるハドロン生成断面積の不定性について、過去のデータを評価し、シミュレーションに取り入れることで、フラックスの予測の系統誤差を大きく低減することに成功した。それらについては、4章に詳細にまとめられている。

本論文の主題である反ミューオン・ニュートリノ消失の解析においては、解析手法の確立、解析コードの検証、データ解析、各系統誤差の評価などにおいて600人の共同研究者の中で主導的な役割を果たした。加速器長基線ニュートリノ振動実験は多数の構成要素からなり、その解析は非常に複雑なものとなる。申請者は特に、系統誤差の評価において、膨大な数の要因を整理し、結果に与える影響をそれぞれについて評価した。これは、今後の測定に対する指針を与えるという意味でも重要な成果である。これらの研究成果は、論文の5, 6, 7章にわたって、詳細かつ論理的に記述されている。

本研究は世界最高水準の測定ではあるが、標準的なニュートリノ振動理論を超えるような現象は観測されなかった。最終章では、今後の改善点を定量的に議論し、数年後には新しいデータによって統計を増やすことによって、非常に高い精度でのニュートリノと反ニュートリノの比較が可能であることが示されている。

本研究を遂行する上で申請者の果たした役割、得られた成果、今後の研究への指針、すべて一流の研究者として認められるものである。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年1月15日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。